

汛期西南低涡移向频数的年际变化与降水

段 炼

(中国民航飞行学院, 四川广汉 618307)

提 要: 利用1960~1999年汛期西南低涡不同移向的数据资料与同期移向相对应站点的降水量进行同步相关分析和检验, 并将通过显著水平 $\alpha=0.05$ 检验的两组资料用墨西哥帽子波进行分析。结果显示: 这40年汛期中出现的西南低涡, 在原地生消的占总数的一半以上, 而能够继续移动发展的西南低涡以偏东路径为主; 东北路径的西南低涡与该方向上太原、石家庄降水的相关比较好, 偏东路径与汉口降水相关较好, 移动总和与内江降水相关较好; 从小波分析结果发现东北、偏东路径低涡出现次数与对应站点降水, 在10年以上的尺度上它们的分布周期存在良好的对应关系。

关键词: 西南低涡 频数 移向 年际变化 墨西哥帽子波

Relationship between Frequency of Moving Direction of Southwest Vortex and Rainfall in Flood Season

Duan Lian

(Civil Aviation Flight University of China, 618307)

Abstract: By using the data of Southwest vortex in Sichuan Basin during June to August from 1960 to 1999, the synchro-correlative analysis is done between the frequency of southwest vortex and the rainfall of these stations. Two groups of the data which have passed the significance level test of $\alpha=0.05$ are analyzed with Mexican Hat wavelet. The results show that more than half of southwest vortex during June to August in the 40 years occurred and died out in Sichuan Basin, southwest vortex that can move onward chiefly takes the eastern

资助项目: 中国民航飞行学院科研基金 (J2004-36)

收稿日期: 2005年5月31日; 修定稿日期: 2005年11月25日

route. The relationship between northeast route ones and the rainfall of Taiyuan, Shijiazhuang, between east vortex and the rainfall of Hankou, and between the sum of the moving of southwest vortex and the rainfall of Neijiang are much better. By the results of wavelet analysis, it is showed that there lies much better corresponding relationship in the frequency distribution between the times of northeast or east-moving vortex and the rainfall of these stations over 10 years of temporal scale.

Key Words: southwest vortex frequency moving direction annual variety Mexican hat wavelet

引 言

西南低涡的生成与发展对我国华东、华北、华南、西南等地区的降水分布均有不同程度的影响。关于西南低涡的研究已做过很多工作,但大多数研究着重于西南低涡的成因、动力结构、物理机制等。卢敬华^[1]的研究表明汛期西南低涡主要移动路径为:偏东、东北、东南三条。陈忠明^[2]等发现 1998 年夏季长江中上游降水异常偏多与西南低涡活动密切相关。为了进一步找出汛期西南低涡移动方向的年际变化规律以及与移动路径相对应站点降水之间的关系,本文利用 1960~1999 年汛期西南低涡不同移向的数据资料与同期移向相对应站点的降水量进行同步相关分析和检验,并将通过显著水平 $\alpha=0.05$ 检验的两组资料用墨西哥帽子波进行分析。

1 西南低涡年频数

(1) 西南低涡定义

本文西南低涡产生区域定义为: 25°N ~ 35°N 、 97°E ~ 110°E ,在北京时间 08 时 700hPa 上,有闭合等高线的低涡或有三站风向组成的完整涡。

(2) 西南低涡移动方向定义

在定义西南低涡移动方向范围时,本文采取了 A、B 两种分法。

A 分法——原地生消 (O): 即涡产生和消亡的中心位置无大变化; 东北路径 (NE): 正北到东北; 东移路径 (E): 东北到东南; 东南路径 (SE): 东南到正南; 西南路径 (SW): 正南到西南。

B 分法——东北路径 (NE): 正北到东北东; 东移路径 (E): 东北东到东南; 其它方向定义与 A 分法相同,不再复述。两种移动方向统计结果见表 1。

表 1 1960~1999 年汛期西南低涡移动路径统计

月份	A 分法					合计	月份	B 分法					合计
	O	NE	E	SE	SW			O	NE	E	SE	SW	
6 月	187	38	105	33	6	369	6 月	187	10	133	33	6	369
7 月	167	37	63	34	8	309	7 月	167	6	94	34	8	309
8 月	170	14	46	17	5	252	8 月	170	1	59	17	5	252
合计	524	89	214	84	19	930	合计	524	17	286	84	19	930

由表 1 可发现, 40 年中 6~8 月西南低涡分布总体趋势是 6 月多于 7 月, 7 月多于 8 月。在西南低涡移动路径方面, 原地生消有 524 个, 占低涡总数的 56.34%, 平均 13.1 个/年; 东南方向有 84 个, 占低涡总

数的 9.03%, 平均 2.1 个/年; 西南方向有 19 个, 占低涡总数的 2.04%, 平均 0.5 个/年; A 分法中东北方向有 89 个, 占低涡总数的 9.57%, 平均 2.2 个/年; 东移方向有 214 个, 占低涡总数的 23.01%, 平均

5.4 个/年; B 分法中东北方向有 17 个, 占低涡总数的 1.83%, 平均 0.4 个/年; 东移方向有 286 个, 占低涡总数的 30.8%, 平均 7.2 个/年。从资料统计结果看 B 分法中东北路径低涡 40 年汛期只出现过 17 个, 平均每年 0.4 个, 过于偏小, 而 A 分法中此方向上共有 89 个, 平均每年 2.2 个。相对而言采用 A 分法, 更符合实际, 因而后面的数据处理及相关分析若不做特殊说明, 均为 A 分法的统计数据。

图 1 是 1960~1999 年 6~8 月西南低涡出现次数时序图, 由图 1 看出: 6 月份整体较为平缓, 在 20 世纪 60 年代中期至 70 年代初期为低值区, 90 年代初进入高值区, 其最大值出现在 1996 年为 13 次, 最小值出现在 1968 年和 1969 年, 均为 5 次。7 月份在 40 年中走势一直比较平缓, 其最大值出现在 1970 年和 1973 年, 均为 13 次, 最小值出现在 1992 年为 2 次。8 月份在 1980 年前后到达一高值区, 但在 20 世纪 90 年代后期进入一低值区, 最大值出现在 1978 年和 1981 年为 12 次, 最小值出现在 1997 年和 1999 年仅为 1 次。从总体看 6 月、7 月、8 月的大体走势基本一致, 均呈现出波动趋

势。

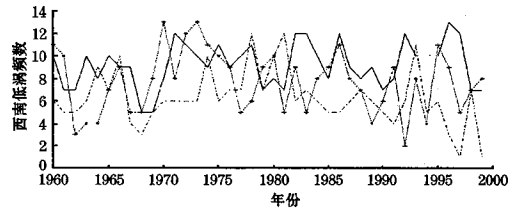


图 1 1960~1999 年 6~8 月西南低涡次数时序图
——6 月 ... * ... 7 月 - · - 8 月

2 相关分析

分别选取与西南低涡不同移动路径相对应的 11 个站点: 偏东路径对应长沙、汉口、九江、南京; 东北路径对应西安、太原、石家庄、北京; 东南路径对应重庆、贵阳、南宁。利用其 1960~1999 年汛期 (6~8 月) 的降水资料做同步相关分析。另外还做了移动西南低涡总数 (未考虑原地生消西南低涡数) 与成都、内江、宜宾降水的相关分析。

汛期西南低涡不同移向次数和对应站点汛期降水量的同步相关分析结果见表 2, 样本容量为 40, 显著性 $\alpha=0.05$ 的临界相关系数为 $R_c=0.3117$ 。由表 2 得出:

表 2 西南低涡不同移向次数与对应站点降水的相关系数

SE	重庆	贵阳	南宁	移动总和	成都	内江	宜宾	NE	西安	太原	石家庄	北京	E	长沙	汉口	九江	南京
6 月	-0.0121	-0.0128	-0.0536	6 月	-0.1567	0.4018	-0.014	6 月	0.273	0.5484	0.5224	0.0962	6 月	-0.037	0.16	0.119	0.1356
7 月	0.1034	0.2107	0.0515	7 月	-0.1609	-0.098	0.0731	7 月	-0.15	0.0221	0.2207	-0.0902	7 月	0.238	-0.05	0.151	-0.02
8 月	-0.0612	0.3006	0.2863	8 月	-0.1603	0.435	0.1195	8 月	-0.05	-0.0412	-0.0809	-0.1282	8 月	0.031	0.496	-0.081	0.108
6~7 月	0.0798	0.1178	-0.3853	6~7 月	-0.303	0.0327	-0.139	6~7 月	0.022	0.0643	0.4061	0.0487	6~7 月	0.102	0.024	0.105	0.0452
7~8 月	-0.1153	0.174	0.32	7~8 月	-0.0972	0.1595	0.0054	7~8 月	0.021	-0.1249	0.0514	-0.0644	7~8 月	0.113	0.292	0.216	0.1845
6~8 月	-0.1188	0.1446	-0.1818	6~8 月	-0.2868	0.0842	-0.198	6~8 月	0.105	-0.1137	0.0517	-0.0433	6~8 月	0.184	0.241	0.219	0.1642

(1) 各种组合相关系数以正相关为主, 相关系数绝对值普遍偏小。

(2) 东北路径与石家庄降水除 8 月份外其他 5 组均为正相关, 在此方向上 6 月份与太原、石家庄、6~7 月份与石家庄的相关系数均比较大且能通过检验。

(3) 偏东路径与汉口、长沙、南京、九江降水的各自 6 种组合几乎全为正相关, 其中汉口的相关最好, 其 8 月份的相关系数最

大且能通过检验。

(4) 东南路径与重庆的相关较弱, 与贵阳除 6 月份外其他 5 组均为正相关。

(5) 移动总和与成都、内江、宜宾三地中同内江的相关最好尤其是 6 月、8 月相关系数较大且能通过检验。

3 小波分析

小波分析的文献很多^[3,4], 其主要思想

是将任一信号分解成时间和频率（尺度）的独立贡献，同时又不失原有信号的信息。小波分析能将气象时间序列曲线分解成交织在一起的多尺度成分，并对不同尺度成分采用相应粗细的时域取样步长，从而能不断聚焦到曲线的任意细节。基本小波有多种形式，本文采用墨西哥帽小波（简称 Mexh 小波）。Mexh 小波在揭示气候资料的奇异性（突变点）方面表现出良好的性能。

Mexh 小波母函数为

$$\Psi(t) = (1 - t^2)e^{-t^2/2} \quad t \in (-\infty, \infty) \quad (1)$$

将函数 $\Psi(t)$ 伸缩和平移后得：

$$\Psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}}\Psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad a, b \in R; a > 0 \quad (2)$$

$\Psi_{a,b}(t)$ 是由式 (2) 给出的连续小波序列，其中 a 是伸缩因子， b 为平移因子。对 $f \in L^2(R)$ ，信号 f 的连续小波变换 $W_f(a, b)$ 定义为：

$$W_f(a, b) = \langle f, w_{a,b} \rangle = a^{-1/2} \int_R f(t) \overline{\Psi\left(\frac{t-b}{a}\right)} dt \quad (3)$$

这里 $f(t)$ 取所研究的气候资料，将式 (3) 做数值积分，便得到相应的小波系数。

图 2 为 1960~1999 年 6 月份东北路径西南低涡次数分布图，该组数据小波分析如图 3 所示。在图 3 中横坐标代表资料年代，纵坐标代表时间尺度从 1~32 年。子波系数为 0 的等值线为突变点线。

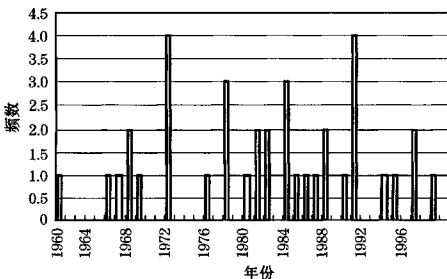


图 2 1960~1999 年 6 月份东北路径西南低涡次数

子波分析图中虚线为负值，代表出现次数偏少区；实线为正值，代表出现次数偏多区。由图 3 可看出，时间尺度 10 年以上，1972~1992 年为高值区，1993~1999 年为低值区，1965~1971 年前期为高值区，后期为低值区，1960~1965 年为低值区；时间尺度在 10 年以下，低涡次数表现为频率较高的高低区间交替变化。

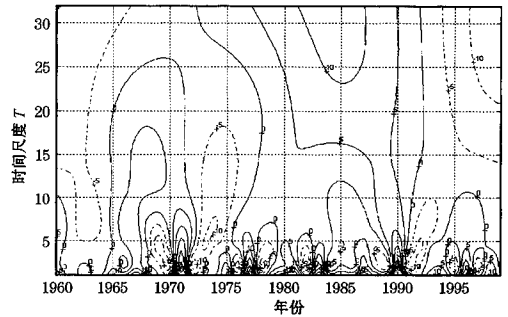


图 3 6 月东北路径西南低涡次数的子波分析图

6 月石家庄降水的小波分析结果见图 4。时间尺度取 32 年时，有 1969 年、1993 年两个转折点，其中 1969 年以前，1993 年以后均为少雨期，降水最多的在 1987 年附近，与之相对应的有子波系数正中心。时间尺度取 12~25 年时，降水多少分布的变化规律为：少—多—少—多—少。转折点为：1967 年、1974 年、1981 年、1996 年，最多的区间是 1981~1996 年，最大值在 1987 年附近，次多区间为 1967~1974 年，最少区间为 1974~1981 年，次少区间为 1960~1967 年。时间尺度在 10 年以下也表现为高频率的短周期变化。

对比图 3、图 4 可发现：时间尺度在 30 年以上时，石家庄降水在 1969 年以前、1993 年以后是低值区，而此时东北方向的西南低涡次数、也同样处于低值区间。而西南低涡在 1972~1992 处于其高值区，又恰恰同时时石家庄降水的高值区相重合。这说明在此时间尺度上，6 月东北路径的西南低涡同 6 月石家庄降水存在着良好的正相关。

同时当时间尺度取 12~25 年时, 1960~1965 年、1974~1978 年、1996~1999 年为二者共同低值区间; 而 1967~1971 年、1981~1992 年为二者共同的高值区间, 在此尺度上两者的关系也很紧密。总体来说两者之间的波动周期对应非常好, 从一个方面证明西南低涡的移动对其路径上的站点降水有着极其重要的影响。

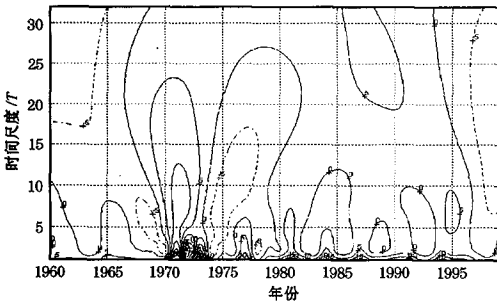


图4 6月石家庄降水量子波分析图

图5是8月偏东方向西南低涡次数的子波分析图, 用它与汉口的小波分析图(图略)比较, 可发现汉口降水多少分布在时间尺度为32年和16年时几乎是相同的, 尤其是1966~1992年这段时间, 转折点恰好出现在1978年, 使得降水的最高值区间和最低值区间的时间长度只相差一年。时间尺度取32年时, 1960~1966年同时为西南低涡和汉口降水的高值区间, 而取16年时, 1960~1967年又成为二者所共有的高值区间。二者之间最大的差异位于1978~1990年这一区间上, 当时间尺度在15年以上时, 西南低涡在1983年附近出现一子波系数为零的等值突变线。

4 结论

通过以上分析, 可得出以下结论:

(1) 这40年汛期中出现的西南低涡, 在原地生消的占总数的一半以上, 而能够继

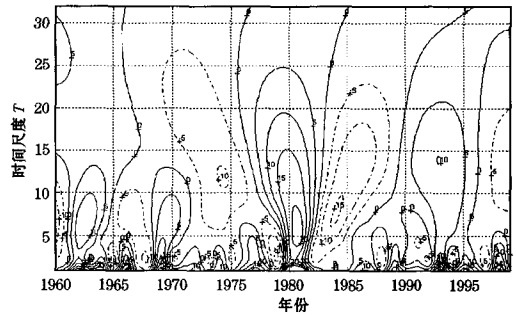


图5 8月偏东方向西南低涡次数的子波分析图

续移动发展的西南低涡以偏东路径为主, 东北、东南路径为次, 而西南方向的只占极少数。从各月来看, 40年中原地生消的低涡出现的次数在6、7、8月三个月几乎持平, 而在东北、偏东、东南、西南方向方向上, 低涡出现的次数6、7月几乎持平, 8月相对较少。

(2) 对三个方向西南低涡与站点降水的相关系数的比较, 发现东北路径与该方向上太原、石家庄降水的相关比较好; 偏东路径与汉口降水相关较好; 移动总和与内江降水相关较好; 而其它组合的相关(包括东南方向)都不太明显。

(3) 通过选取两组资料的小波分析结果, 发现东北、偏东路径低涡出现次数与对应站点降水, 在10年以上的尺度上它们的分布周期存在良好的对应关系, 更进一步验证了移动西南低涡与沿途降水多少有着紧密联系。

参考文献

- 1 卢敬华. 西南低涡概论. 北京: 气象出版社, 1986: 66~74, 231~236.
- 2 陈忠明, 徐茂良, 阎文彬等. 1998年夏季西南低涡活动与长江上游暴雨. 高原气象, 2003, 22(2): 162~167.
- 3 刘增基, 邹燕, 吴滨. 福州市近百年强降水频数的统计特征. 气象, 2002, 28(2): 48~49.
- 4 秦前清, 杨宗凯. 实用小波分析. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1998: 14~53.